

動作説明

Rev.1.0_00

© ABLIC Inc., 2023

S-8473シリーズ、S-8474シリーズはワイヤレス給電ICです。

S-8473シリーズは受電制御IC (受電側)、S-8474シリーズは給電制御IC (給電側) です。

このアプリケーションノートは、S-8473シリーズとS-8474シリーズを組み合わせた動作説明、諸特性データを記載した技術資料です。

製品の詳細、仕様についてはデータシートにてご確認ください。

- 注意**
1. S-8473シリーズ、S-8474シリーズを用いたワイヤレス給電装置は、およそ88kHz～106kHzのLC共振周波数で動作するように最適化されています。LC共振周波数が88kHz～106kHzの範囲内で、受電制御ICを検出する回路が動作し、給電制御ICも正常に動作します。使用するコイル (L) とコンデンサ (C) の定数を変更するとLC共振周波数が変わりますので、LC共振周波数を必ず88kHz～106kHzの範囲内にしてください。
 2. S-8473シリーズ、S-8474シリーズを用いたワイヤレス給電装置では、受電側コイルと給電側コイルに極性があります。本アプリケーションノートの記載内容にしたがって、受電側コイルと給電側コイルを組み合わせ使用してください。

2. 動作説明

本アプリケーションノートは、図8に示すS-8473シリーズとS-8474シリーズを組み合わせた回路を例に動作を説明します。

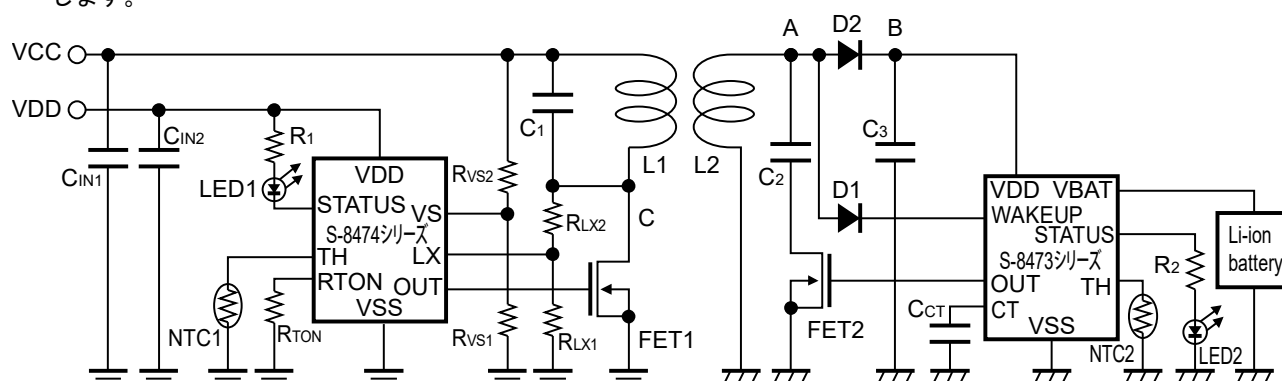


図8 推奨回路

2.1 給電側の受電検出と動作モード

給電側には、連続動作モードと間欠動作モードの2つの動作モードがあります。連続動作モードと間欠動作モードの切り換え判定は、出力開始後約3ms typ. ~ 5ms typ.の間受電検出をすることで行われ、その判定結果で残りの25ms typ.間のモードを決定します。連続動作モードと間欠動作モードの切り換え判定は30ms typ. (1周期) ごとに繰り返し行われます。STATUS端子に接続されているLEDは、16周期継続して受電検出をした場合点灯します。同様に16周期継続して受電非検出した場合消灯します。

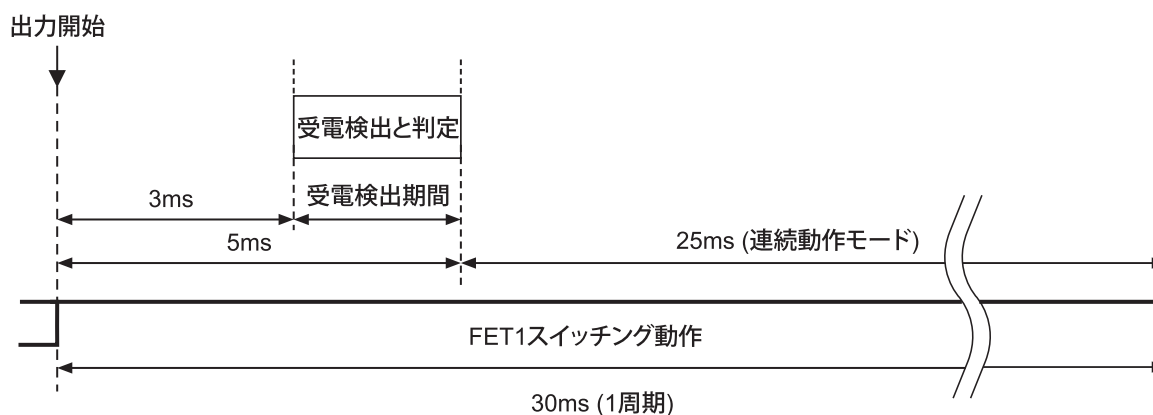


図9 連続動作モード (typ.)

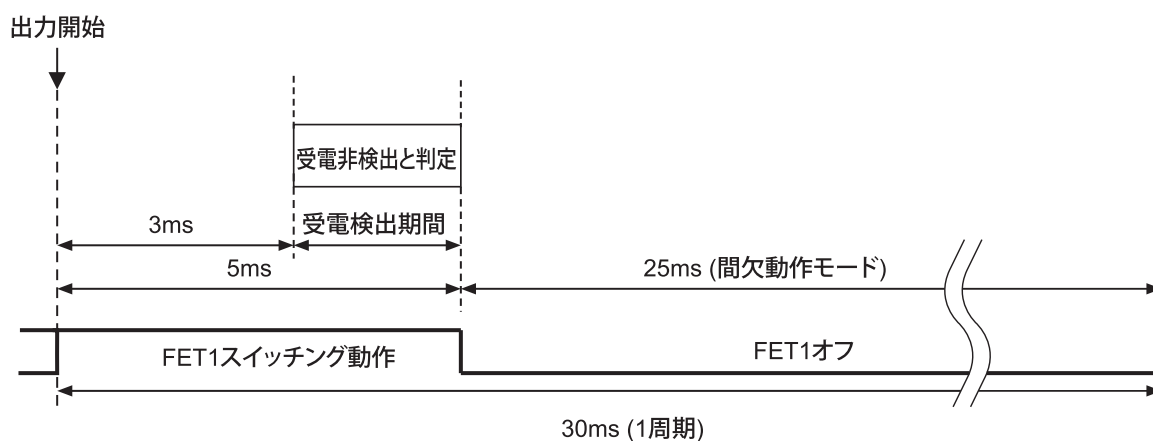


図10 間欠動作モード (typ.)

2.2 給電側の受電検出メカニズム

給電側のLX端子電圧波形のピーク値を比較することで受電検出を行います。

給電側が受電側と相互誘導している場合、受電側が定電圧制御を行うため、FET2はスイッチング動作によりオンとオフを繰り返します。FET2のオンとオフの切り換えにより、給電側コイルのLX端子電圧のピーク波形が変化します。図11に示すように、この波形のピーク値の差がおよそ0.1V¹以上になると給電側は受電検出と認識し、連続動作モードへ移行します。

以下の場合には波形のピーク値の差が小さくなり、給電側が連続動作モードへ移行しないので注意してください。

- ・ 負荷が小さすぎる場合
- ・ 負荷が大きすぎる場合
- ・ 受電側の存在が確認できない場合
- ・ コイル間の距離が近い場合

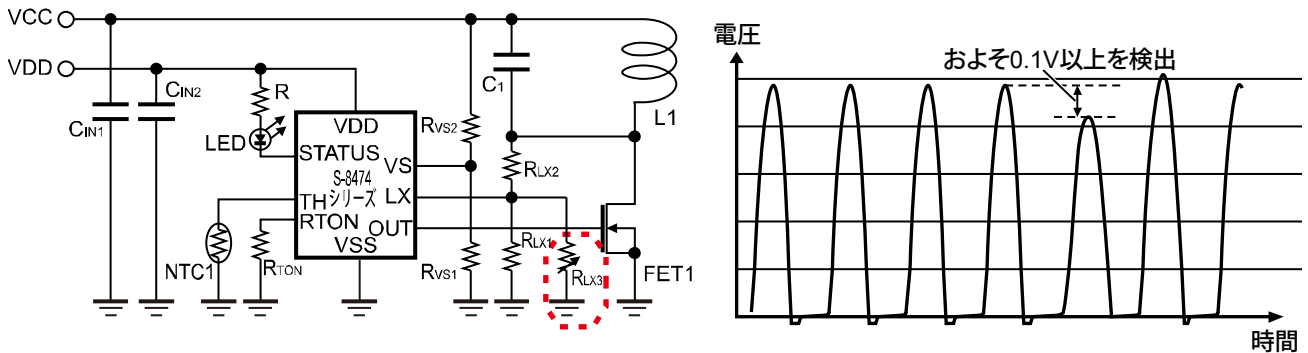


図11 LX端子電圧波形

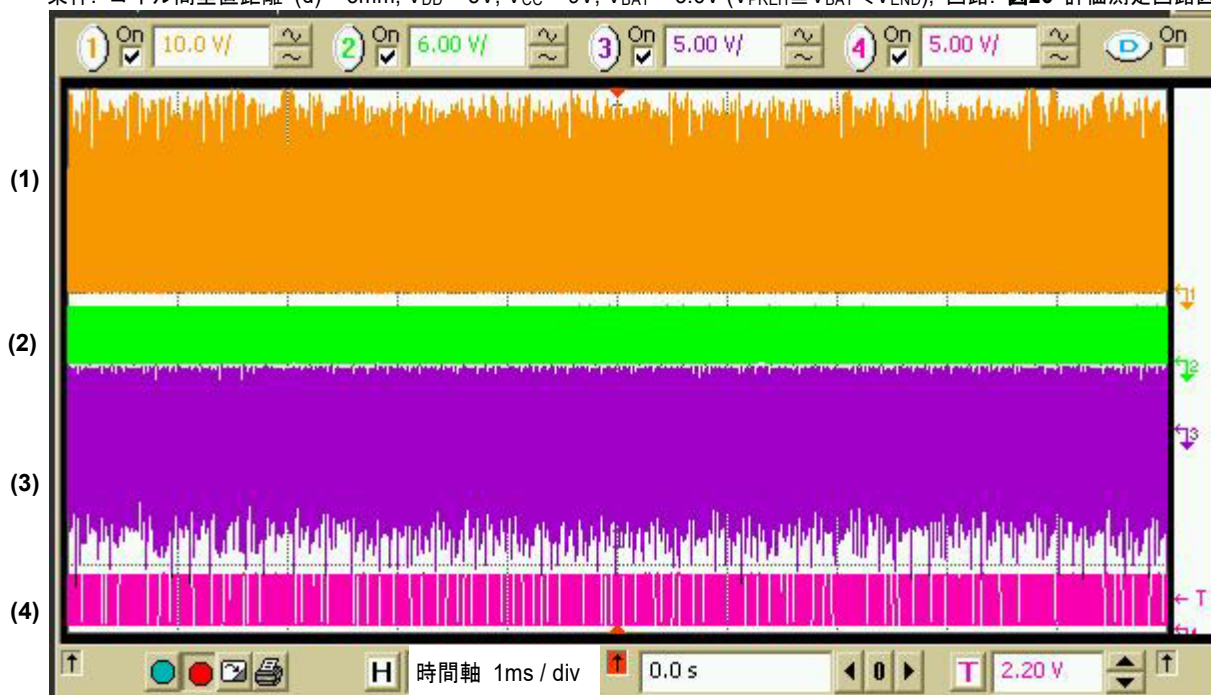
*1. 波形のピーク値の差は直接測定できないため、以下の方法で行います。

図11のRLX3をOUT出力に同期させながら変化させ、連続動作モードになるポイントを検出します。コイル配線長などにより、ピーク値の差が変化しますので0.1Vは参考値としてください。

2.3 給電側コイル、給電側FET制御、受電側コイル、受電側FET制御の波形 (連続動作モード)

図12、図13に連続動作時の各波形を示します。

条件: コイル間垂直距離 (d) = 3mm, $V_{DD} = 5V$, $V_{CC} = 9V$, $V_{BAT} = 3.6V$ ($V_{PREH} \leq V_{BAT} < V_{END}$), 回路: 図26 評価測定回路図

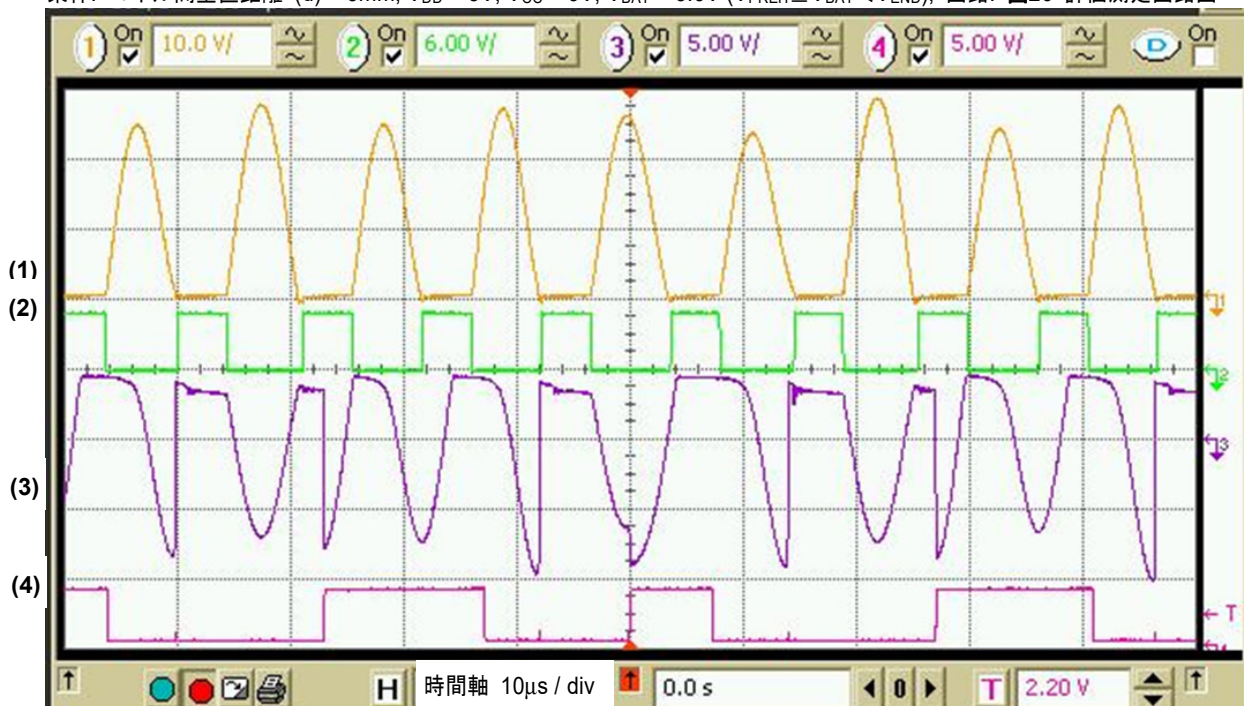


- (1) 給電側コイル波形C点 (10V / div)
- (2) 給電側FET1ゲート波形 (6V / div)
- (3) 受電側コイル波形A点 (5V / div)
- (4) 受電側FET2ゲート波形 (5V / div)

備考 V_{PREH} : プリチャージ完了電圧
 V_{END} : 充電完了電圧

図12 連続動作モード時の波形

条件: コイル間垂直距離 (d) = 3mm, $V_{DD} = 5V$, $V_{CC} = 9V$, $V_{BAT} = 3.6V$ ($V_{PREH} \leq V_{BAT} < V_{END}$), 回路: 図26 評価測定回路図



- (1) 給電側コイル波形C点 (10V / div)
- (2) 給電側FET1ゲート波形 (6V / div)
- (3) 受電側コイル波形A点 (5V / div)
- (4) 受電側FET2ゲート波形 (5V / div)

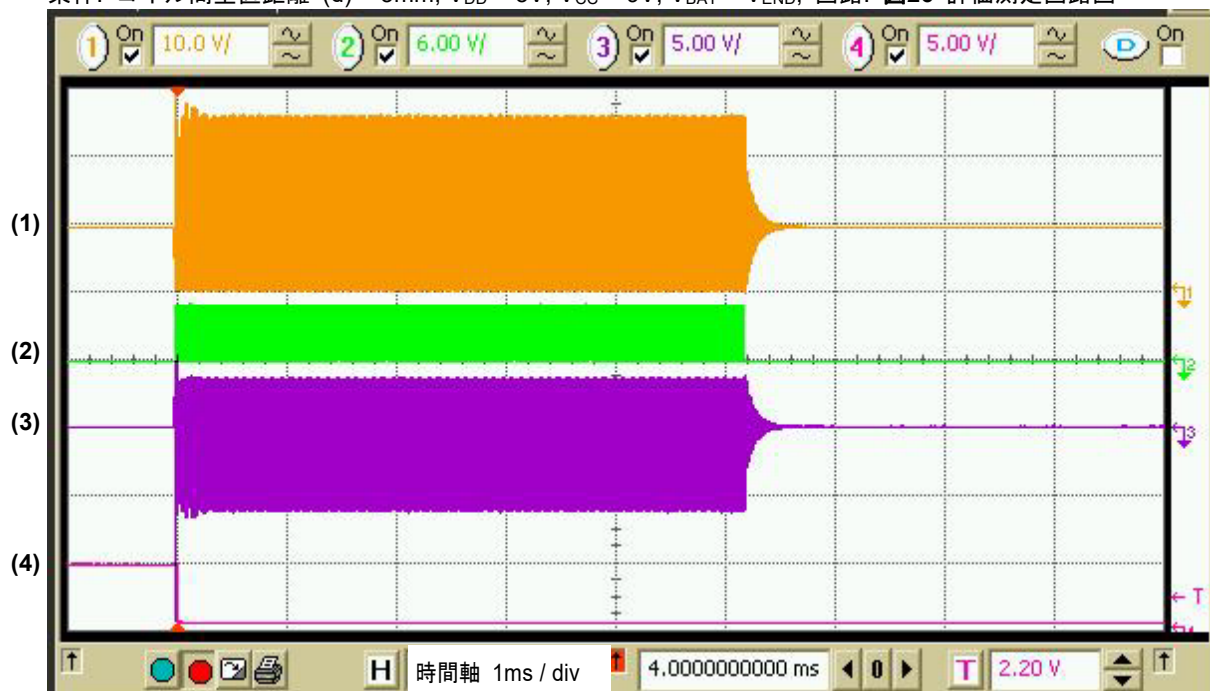
備考 V_{PREH} : プリチャージ完了電圧
 V_{END} : 充電完了電圧

図13 連続動作モード時の波形 (拡大図)

2.4 給電側コイル、給電側FET制御、受電側コイル、受電側FET制御の波形 (間欠動作モード)

図14、図15に間欠動作時の各波形を示します。コイル間の距離を近づけると受電側FET2ゲート波形は "L" を維持し、遠ざけると受電側FET2ゲート波形は "H" を維持するため、給電側で間欠動作が行われます。また、短絡検出時や充電完了時、受電側が存在しないときも給電側で間欠動作が行われます。

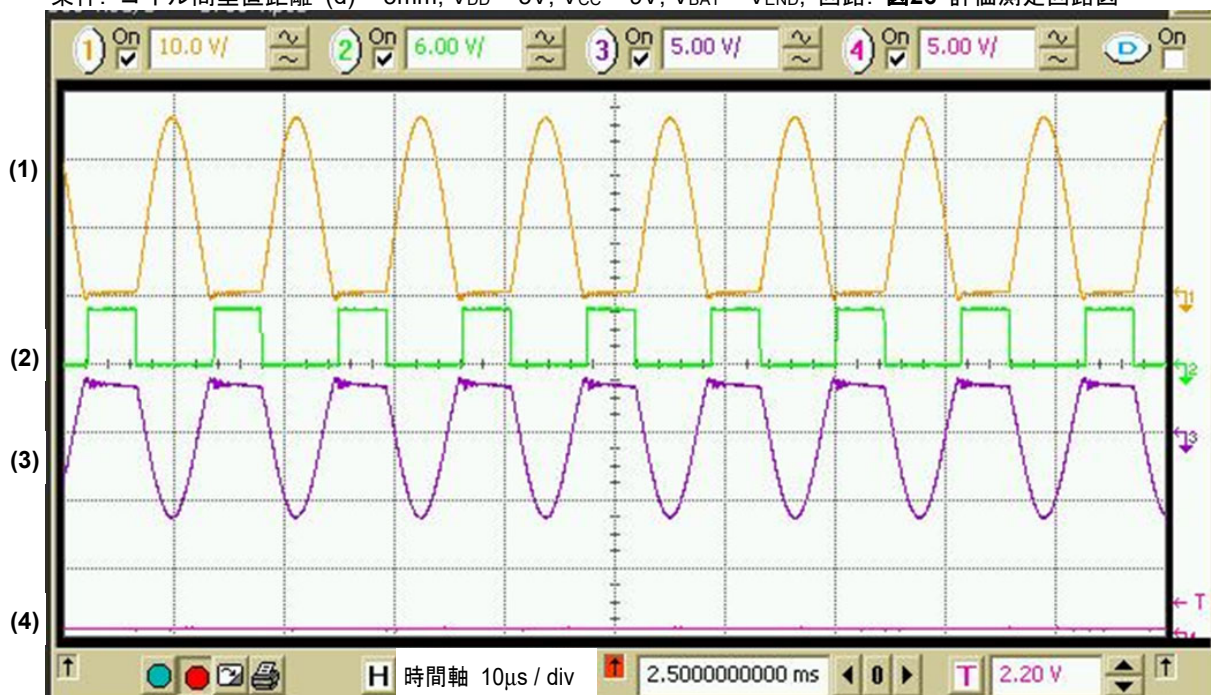
条件: コイル間垂直距離 (d) = 3mm, $V_{DD} = 5V$, $V_{CC} = 9V$, $V_{BAT} = V_{END}$, 回路: 図26 評価測定回路図



- (1) 給電側コイル波形C点 (10V / div)
- (2) 給電側FET1ゲート波形 (6V / div)
- (3) 受電側コイル波形A点 (5V / div)
- (4) 受電側FET2ゲート波形 (5V / div)

図14 間欠動作モード時の波形

条件: コイル間垂直距離 (d) = 3mm, $V_{DD} = 5V$, $V_{CC} = 9V$, $V_{BAT} = V_{END}$, 回路: 図26 評価測定回路図



- (1) 給電側コイル波形C点 (10V / div)
- (2) 給電側FET1ゲート波形 (6V / div)
- (3) 受電側コイル波形A点 (5V / div)
- (4) 受電側FET2ゲート波形 (5V / div)

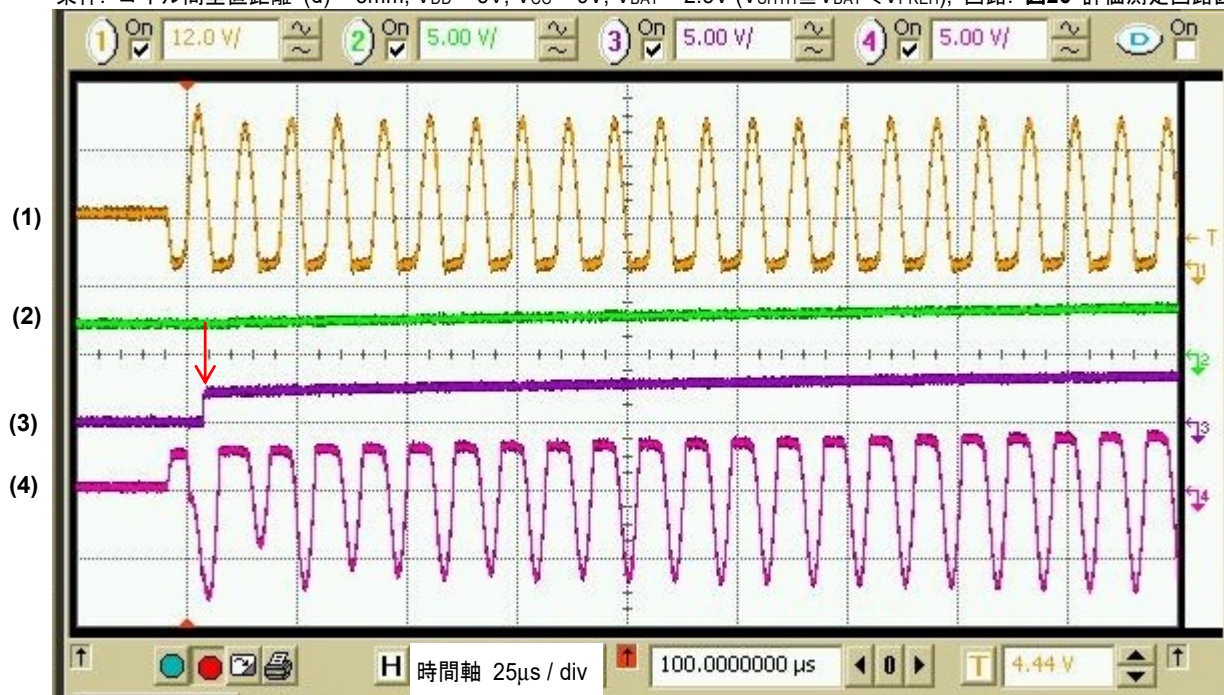
図15 間欠動作モード時の波形 (拡大図)

2.10 受電側の動作説明

2.10.1 受電初期状態

図19に受電初期状態の給電側LC波形C点、受電側の各波形を示します。相互誘導により給電が始まると、受電側VDD電圧がUVLO電圧を越え、図19の矢印の時点で、受電側FET2がオンになります。そのため、C₂が接続状態になり、受電側はLC共振を開始します。

条件: コイル間垂直距離 (d) = 3mm, V_{DD} = 5V, V_{CC} = 9V, V_{BAT} = 2.5V (V_{SHTH} ≤ V_{BAT} < V_{PREH}), 回路: 図26 評価測定回路図



- (1) 給電側LC波形C点 (12V / div)
- (2) 受電側VDD波形B点 (5V / div)
- (3) 受電側FET2ゲート波形 (5V / div)
- (4) 受電側LC波形A点 (5V / div)

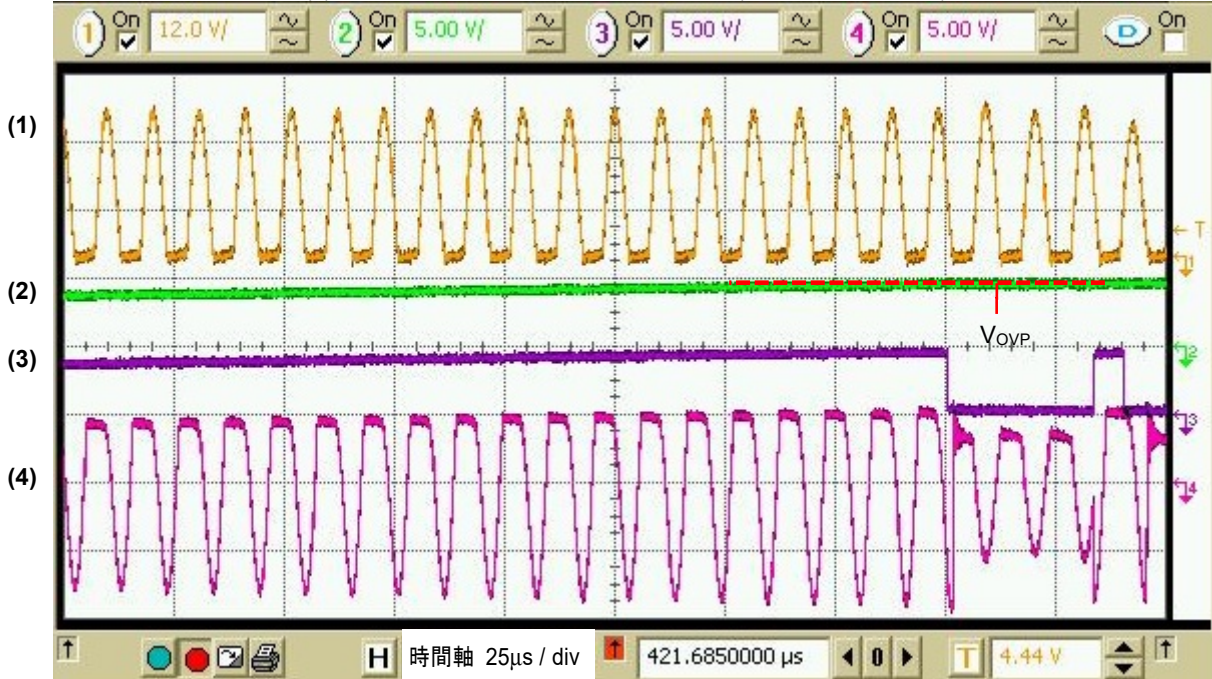
備考 V_{SHTH} : 短絡解除電圧
V_{PREH} : プリチャージ完了電圧

図19 起動から過電圧検出電圧 (V_{OVP}) に到達するまでの波形

2.10.2 プリチャージ動作中に過電圧検出電圧 (V_{OVp}) に達した状態

図20に受電側VDD電圧が V_{OVp} に達した状態の各波形を示します。受電初期状態から続いた受電側のLC共振により受電側VDD電圧が上昇し、 V_{OVp} に達すると受電側のOUT端子から "L" が出力され、受電側FET2がオフになります。そのため、 C_2 が開放状態になり、受電側はLC共振を停止します。

条件: コイル間垂直距離 (d) = 3mm, $V_{DD} = 5V$, $V_{CC} = 9V$, $V_{BAT} = 2.5V$ ($V_{SHTH} \leq V_{BAT} < V_{PREH}$), 回路: 図26 評価測定回路図



- (1) 給電側LC波形C点 (12V / div)
- (2) 受電側VDD波形B点 (5V / div)
- (3) 受電側FET2ゲート波形 (5V / div)
- (4) 受電側LC波形A点 (5V / div)

備考 V_{SHTH} : 短絡解除電圧
 V_{PREH} : プリチャージ完了電圧

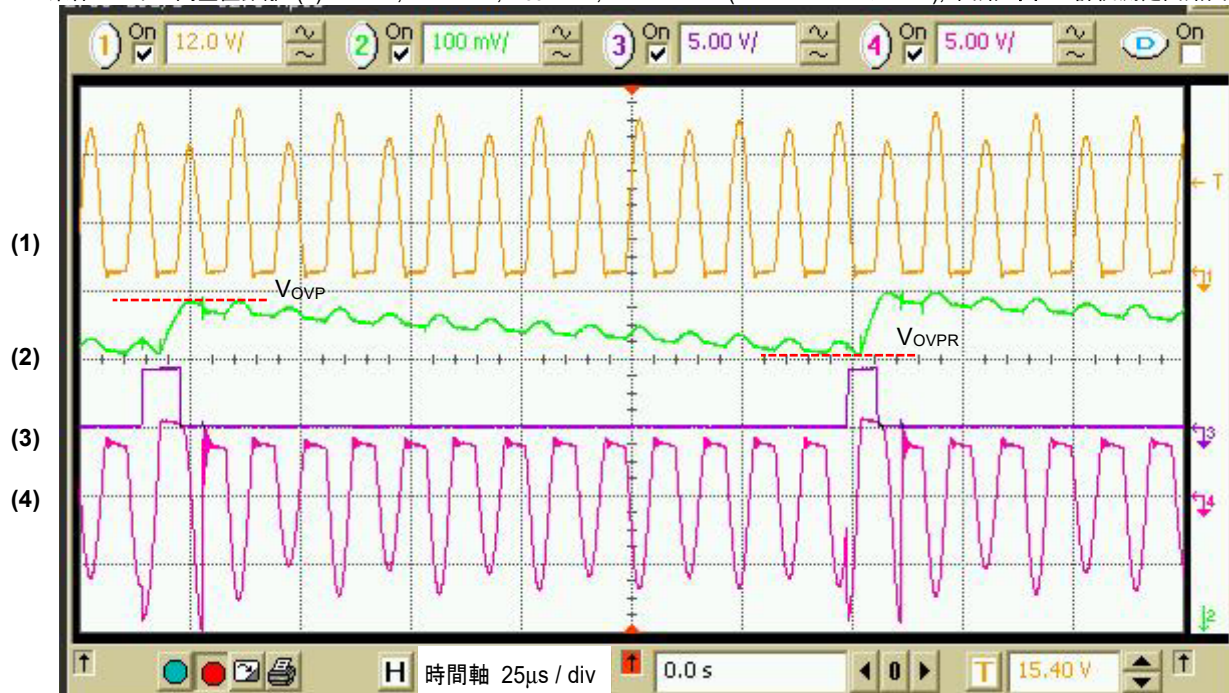
図20 プリチャージ動作中に V_{OVp} に達した状態の波形

2.10.3 プリチャージ動作中の安定状態

"図6 受電側FET2の制御と受電側VDD電圧の関係 (概念図)" に示したように、受電側VDD電圧 (B点) は V_{OVp} に達したあと、受電側FET2がオンとオフを繰り返すことにより V_{OVp} と過電圧解除電圧 (V_{OVPR}) 間で推移します。

また、図21に示すように受電側FET2がオンとオフを繰り返すことで給電側LC波形のピーク値が変化し、給電側が連続動作モードになります。

条件: コイル間垂直距離 (d) = 3mm, $V_{DD} = 5V$, $V_{CC} = 9V$, $V_{BAT} = 2.5V$ ($V_{SHTh} \leq V_{BAT} < V_{PREH}$), 回路: 図26 評価測定回路図



- (1) 給電側LC波形C点 (12V / div)
- (2) 受電側VDD波形B点 (100mV / div)
- (3) 受電側FET2ゲート波形 (5V / div)
- (4) 受電側LC波形A点 (5V / div)

備考 V_{SHTh} : 短絡解除電圧
 V_{PREH} : プリチャージ完了電圧

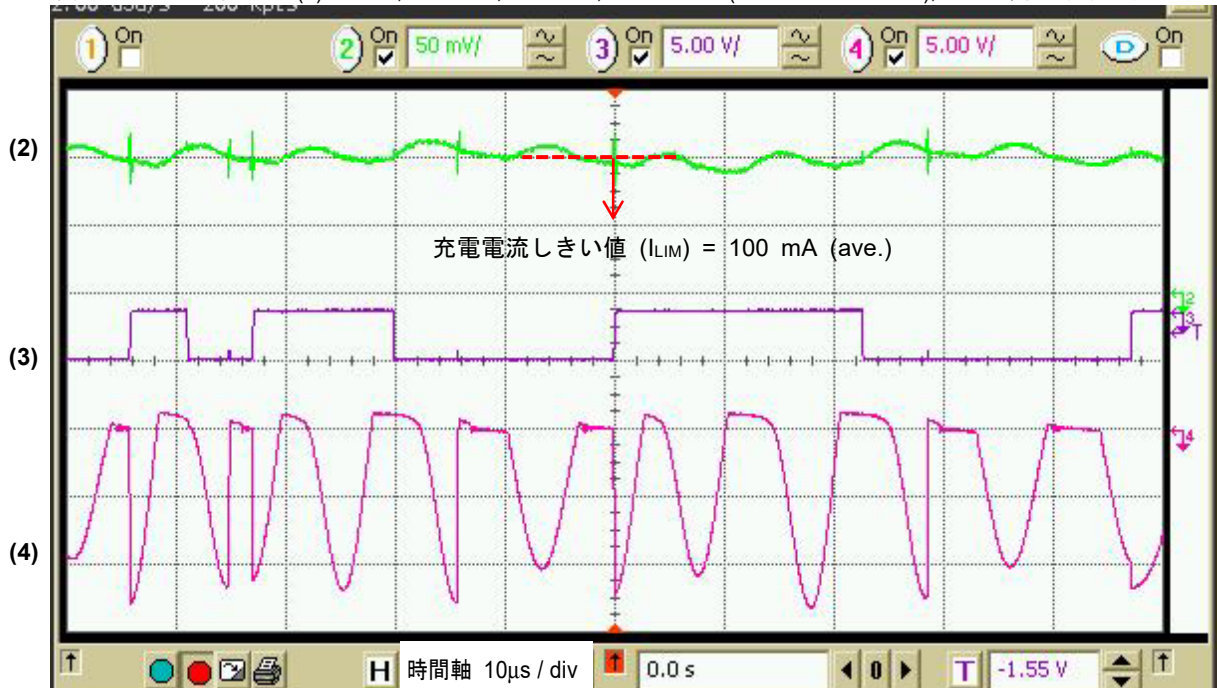
図21 プリチャージ動作中の安定状態の波形

2. 10. 4 通常充電動作中の安定状態

通常充電動作中、充電電流しきい値 (I_{LIM}) を下回ると充電側FET2がオンとなり、OUT端子から "H" が出力されます。 I_{LIM} を上回ると充電側FET2がオフとなり、OUT端子から "L" が出力されます。

また、**図22**に示すように、この動作を繰り返すことで給電側LC波形のピーク値が変化し、給電側が連続動作モードになります。

条件: コイル間垂直距離 (d) = 3mm, V_{DD} = 5V, V_{CC} = 9V, V_{BAT} = 3.6V ($V_{PREH} \leq V_{BAT} < V_{END}$), 回路: **図26** 評価測定回路図



- (2) 充電電流 I_{BAT} 波形 (50mA / div)
- (3) 受電側FET2ゲート波形 (5V / div)
- (4) 受電側LC波形A点 (5V / div)

備考 V_{PREH} : プリチャージ完了電圧
 V_{END} : 充電完了電圧

図22 安定状態の波形 (波形のGNDはVBATに接続)

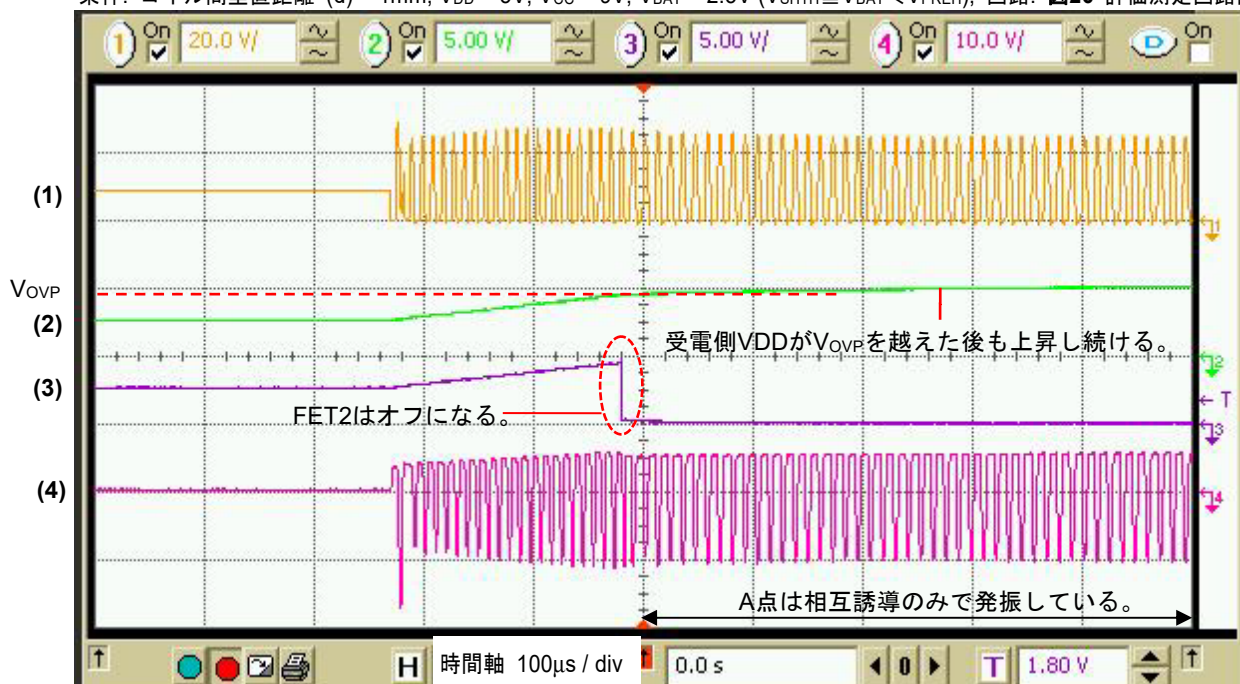
2.11 給電側コイルと受電側コイルの距離

給電側コイルと受電側コイルの距離により、コイル結合係数が変わります。

給電側コイルと受電側コイルの距離が近づきすぎると結合係数は大きくなり、受電側FET2がオフになっても相互誘導のみで電力が供給されます。その場合、図23、図25に示すような現象が起きます。

図23に示すように受電側VDD電圧が V_{OVP} を越えた後も上昇し続けると、ICの定格を越える恐れがあるので注意してください。

条件: コイル間垂直距離 (d) = 1mm, $V_{DD} = 5V$, $V_{CC} = 9V$, $V_{BAT} = 2.5V$ ($V_{SHTH} \leq V_{BAT} < V_{PREH}$), 回路: 図26 評価測定回路図



- (1) 給電側LC波形C点 (20V / div)
- (2) 受電側VDD波形B点 (5V / div)
- (3) 受電側FET2ゲート波形 (5V / div)
- (4) 受電側LC波形A点 (10V / div)

備考 V_{SHTH} : 短絡解除電圧
 V_{PREH} : プリチャージ完了電圧

図23 相互誘導のみによる電圧上昇

受電側VDD電圧がICの定格を越える恐れがある場合、図24に示すようにツェナーダイオードを接続してください。その際、下記の条件を満たすようにしてください。

- ・ $V_{OVP} < \text{ブレイクダウン電圧} < \text{ICの定格電圧}$

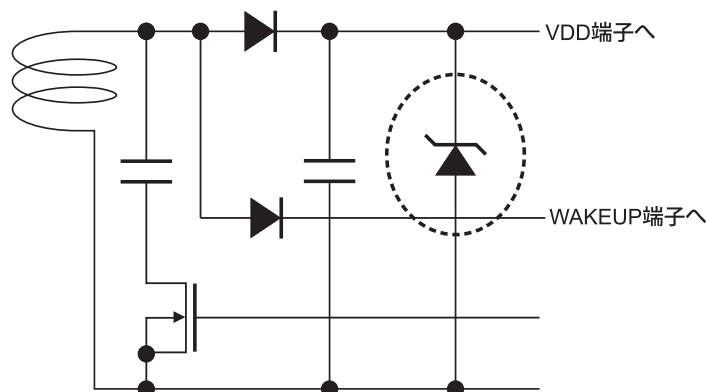


図24

図25に示すように受電側VDD電圧が V_{OVP} 以上になると、その間は受電側のOUT端子から "L" が出力され、受電側FET2がオフのままとなります。このとき、給電側LC共振のピーク値の波形が変化しないため、給電側が受電検出できず間欠動作モードになるので注意してください。

条件: コイル間垂直距離 (d) = 1mm, $V_{DD} = 5V$, $V_{CC} = 9V$, $V_{BAT} = 2.5V$ ($V_{SHTH} \leq V_{BAT} < V_{PREH}$), 回路: 図26 評価測定回路図



- (1) 給電側LC波形C点 (20V / div)
- (2) 受電側VDD波形B点 (5V / div)
- (3) 受電側FET2ゲート波形 (5V / div)
- (4) 受電側LC波形A点 (10V / div)

備考 V_{SHTH} : 短絡解除電圧
 V_{PREH} : プリチャージ完了電圧

図25 相互誘導による受電側VDD電圧上昇とFET2ゲート波形

9. 基板設計上の留意事項

- 基板配線時、S-8473シリーズとS-8474シリーズのデータシートの記載通り、一点アースとなるようにしてください。
- 過熱保護のため、TH端子には必ずNTCサーミスタを接続してご使用ください。
- 図47のVCCには1kHz ~ 110kHz (LC共振周波数) の周波数成分のゆれが発生するような電源を使用しないでください。誤動作を引き起こす可能性があります。
- 図47のVDDには、誤動作防止のため、周波数成分のゆれが発生するような電源を使用しないでください。
- 図47の基板を設計する際、下記の理由でRTON端子、VS端子、TH端子のそばには配線を通さないようにしてください。抵抗 R_{TON} は可能な限りRTON端子に近づけてレイアウトしてください。

(1) コイルL1と共振コンデンサ (C_1) により、C点では大きな電圧変動が生じる。

(2) RTON端子、VS端子、TH端子はインピーダンスが高いため、外来信号の影響を受けやすい。

RTON端子 - GND間に C_{RTON} (約100pF ~ 1000pF)、VS端子 - GND間に C_{VS} (約100pF ~ 1000pF)、TH端子 - GND間に C_{NTC} (約100pF ~ 1000pF) を接続することにより、外来信号の影響を軽減することができます。

特にNTCサーミスタでコイルの温度を検出する場合は、コイル信号の影響を受け、検出温度が高温側にシフトすることがあります。TH端子 - GND間に C_{NTC} を接続することを推奨します。

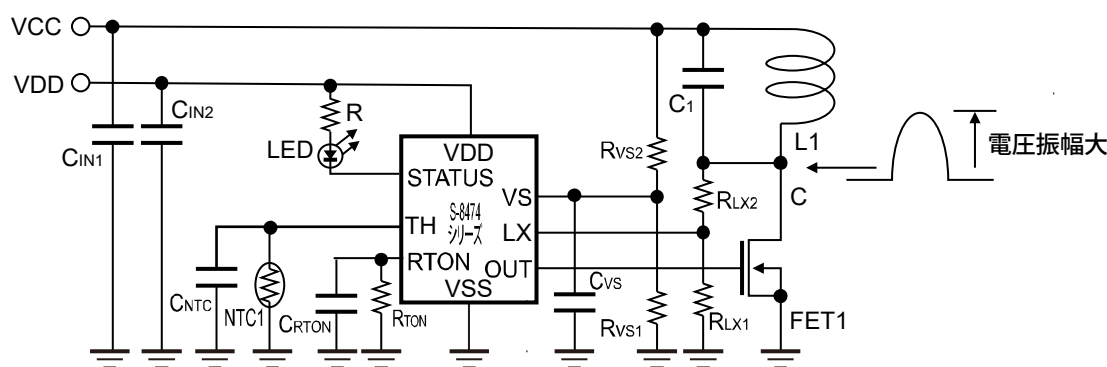


図47

10. 注意事項

- 本資料に掲載のアプリケーション例は、弊社ICを使用した代表的な応用例を説明したものです。ご使用の際は、十分な評価を行ってください。
- 本資料に掲載の応用回路を量産設計に用いる場合には、外付け部品の偏差およびその温度特性に注意してください。また、掲載回路に関する特許については、弊社ではその責任を負いかねます。
- 弊社ICを使用して製品を作る場合には、その製品での当ICの使い方や製品の仕様、出荷先の国などによって当ICを含めた製品が特許に抵触した場合、その責任を負いかねます。

11. 関連資料

S-8473シリーズとS-8474シリーズの詳細については、下記のデータシートを参照してください。

S-8473シリーズ データシート

S-8474シリーズ データシート

このアプリケーションノートおよびデータシートの内容は、予告なく変更することがあります。最新版については、販売代理店までお問い合わせください。